

動的不安定領域における切削について

門 脇 義 次 後 藤 美 千 男

1 緒 言

動的不安定領域での切削加工においては、工作精度の低下や仕上げ面の劣下を生ずる。

その原因は、工作機械による場合、刃物による場合、工作物による場合、などに大別出来る。そしてこれら諸原因のうち、工作機械の剛性については、理論的にも、実験的にも、解析されつつあり、多くの成果が報告されている。一方刃物についても、その剛性を高めたり、形状を変えるなどの方法がとられている。工作物系の動剛性を高めるため、心押合センターの使用、振れ止めの使用、などの手段を構じているものの、その使用条件や手段はほとんど現場の経験に委ねられており、理論的にはもちろん、実験的にも解析例が少ない。

我々はこの問題を実験的に解析するための、基礎実験として、被削材が切削抵抗によって容易にたわむような、不安定状態、すなわち長い突出量を持つ被削材の切削試験を行ない、被削材のたわみが旋削精度に及ぼす影響について実験を行なった結果を報告する。

2-1 実験方法

本実験における切削条件と被削材について列挙すれば次の通りである。

旋盤 大隈鉄工所製 LS 450×1,250 (5.5KW)

工具 SKH₉ 右勝手片刃バイト 19×19[□]

工具寸法形状 上すくい角 0°、横すくい角12°、前にげ角 17°、横にげ角 8°、

切削油 ダイヤカット 11

切込み 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm,

送り 0.2mm/rev

切削速度 約20m/min

被削材材料 市販品 SS42

被削材直径 28φ, 32φ, 36φ, 44φ, 50φ,

ただし切削速度については旋盤の機構上正確に20m/minを得ることが出来ないので20m/minに最も近い値をとった。被削材直径と切削速度との関係を第1表に示す。

第 1 表

被削材直径 mm	28	32	36	44	50
切削速度m/min	18.5	21.1	18.1	22.1	18.1

被削材長さはいずれも全長250mmとした。

突き出し長さが 200mm以下で、直径 60mm 以下の場合、

主軸—工作物系の振動形態が同じ領域にあると報告されている(1)ことから、本実験では突き出し長さを200mm、一定とした。又保持方式は4ツ爪チャックによる、チャック支持方式とした。

切削は自由端側から、チャック側に向かう外丸削りによった。

一方被削材直径に比して切込み量が多い場合は、被削材が大きいたわんで、バイトにのり上って、切削不能となるので、あらかじめ各直径毎に切削可能な範囲を見出し、その範囲内で実験を行なった。

2-2 測定方法

切削終了後、被削材をチャックに保持したまま室温まで冷却した後、往復台上に取りつけたダイヤルゲージによって、被削材の全長を10mm間隔で、半径方向の寸法誤差を測定した。

この場合、往復台のすべり面を基準として、寸法誤差を測定していることになり、往復台と主軸との平行度が問題となる。このことからテストバーによって、主軸と往復台との平行度を測定した結果、チャック面から 300mmの間で平行度誤差が 0.004mm以下であった。実験値からみれば、基準面として信頼し得る。

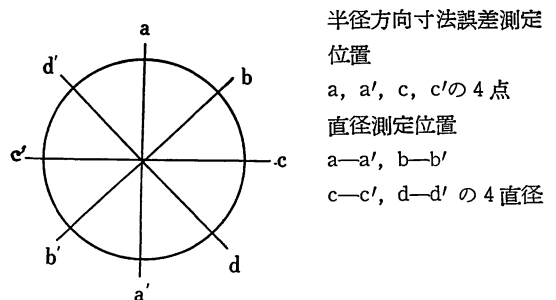
又マイクロメータによって、被削材の全長にわたり10mm間隔で直径を測定した。

測定結果から、各断面における、真円度と平均直径を求めた。

さらに各断面の平均直径から、基準直径を引いた値を直径変位量として表わした。

この場合の基準直径とは、チャック側から4〜5個所の位置で測定した平均直径から求めた値である。

各断面での測定位置は次の通りである。



半径方向寸法誤差測定位置

a, a', c, c'の4点

直径測定位置

a—a', b—b'

c—c', d—d'の4直径

なお a, a', c, c', は4ツ爪チャックの爪が当る位置の

投影点である。

3 実験結果と考察

前述の方法で実験した結果を整理すれば、旋削後の被削材形状は次の様に分類出来る。

- 〔A〕 明らかに先太であって、真円度誤差の小さいもの。
- 〔B〕 先太であって、真円度誤差の大きいもの。
- 〔C〕 先細であって、真円度誤差の大きいもの。
- 〔D〕 先細の傾向が著るしく、かつ真円度誤差の著るしく大きいもの。
- 〔E〕 直径に注目すれば〔C〕に属し、真円度に注目すれば〔D〕に属すもの。

これらの分類を、被削材直径と、切込量との関係に分類すると第2表の様になる。

第 2 表

		被 削 材 直 径 mm				
		28	32	36	44	50
切 込 み 深 さ mm	1	A	B	A	A	A
	2		B	B	B	C
	3			D	E	C
	4				D	C
	5					D

次に分類別に、その実験結果についてのべる。

3-1 〔A〕について

第1図は〔A〕に属すもので、直径変位量と、被削材の自由端からの距離との関係を示すものである。これによるといずれも先太であることが判る。

これは切削抵抗によって、被削材がたわみ、いわゆる逃げ勝手となるため、設定切込み量と、実際切込み量とが一致せず、切り残しが生じたものと考えられる。

すなわち、片持支持の自由端に近づくにつれ、直径変位量が増しており、又被削材直径が細いほど直径変位量が増し、又被削材直径が細いほど直径変位量が大きく現われている。これらのことから、いずれも切削抵抗により、被削材料が逃げ勝手になることと一致している。

3-2 〔B〕について

第2図は〔B〕に属するものの直径変位量と、自由端からの距離との関係を示したもので、第3図は同じく、真円度と自由端からの距離との関係を示したものである。直径変位量については〔A〕とほぼ同様のことが言い得る。しかし真円度誤差は〔A〕に比較して非常に大きい。(比較のため〔A〕の場合の真円度誤差を第3表に示す。)しかも自由端に近いほど、又被削材直径の細いほど、真円度誤差が大であることから、直径変位量の場合と良く似た傾向を示す。

真円度誤差の大きい部分について、ダイヤルゲージによる半径方向変位量と、マイクロメーターによる直径との測定結果より、その断面形状を調べた。その結果断面は楕円をなすと見し得る。そしてその長軸は、各断面においてほぼ一定の位置に現われている。又この部分では、仕上面粗度も非常に大きく、ビビリ現象特有の縞目面も明瞭である。

従ってこの領域でも、かなり不安定な切削が行なわれていると考えられる。

第4図は断面形状を調べた一例である。

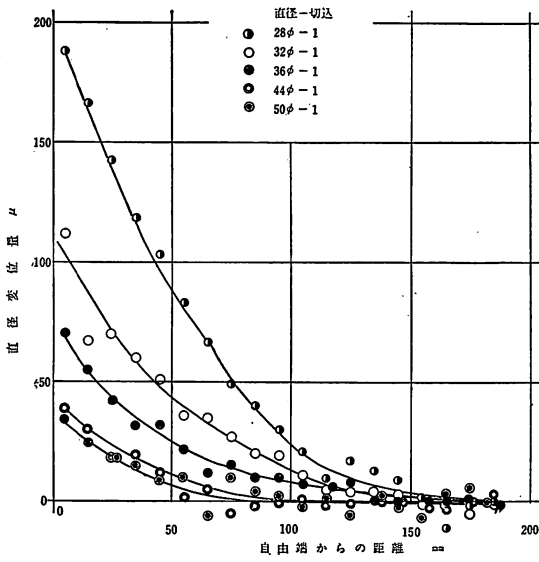
3-2 〔C〕について

第5図は〔C〕に属するものの、直径変位量と自由端からの距離との関係を示し、第6図は同じく、真円度と自由端からの距離との関係を示すものである。

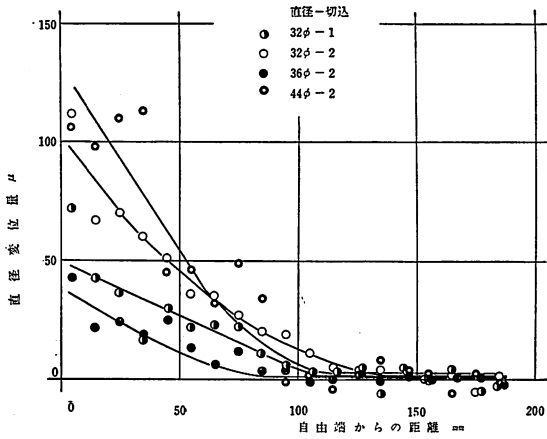
〔A〕及び〔B〕の場合と異なり、わずかに先細の傾向を示す。又第6図によれば〔B〕と同様に、自由端に近づくにつれて真円度誤差が大きくなっている。この場合にも断面は楕円をなしている。その一例を第7図に示す。

第 3 表 〔A〕における真円度 μ

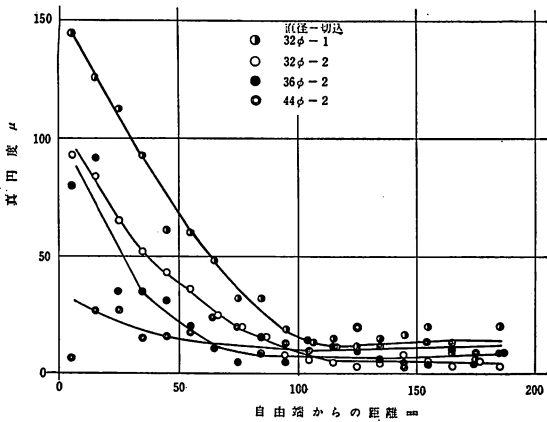
		自 由 端 か ら の 距 離 mm																		
		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185
被 削 材 直 径 mm	28φ	12	15	8	33	14	18	9	5	12	13	9	13	7	4	2	3	12	22	6
	36φ	10	5	9	7	6	3	8	7	3	4	10	10	7	9	11	9	6	9	8
	44φ	10	14	9	5	8	16	5	8	12	4	7	3	4	3	2	4	2	2	4
	50φ	8	7	9	5	8	6	15	3	5	5	3	6	8	12	7	2	11	14	9



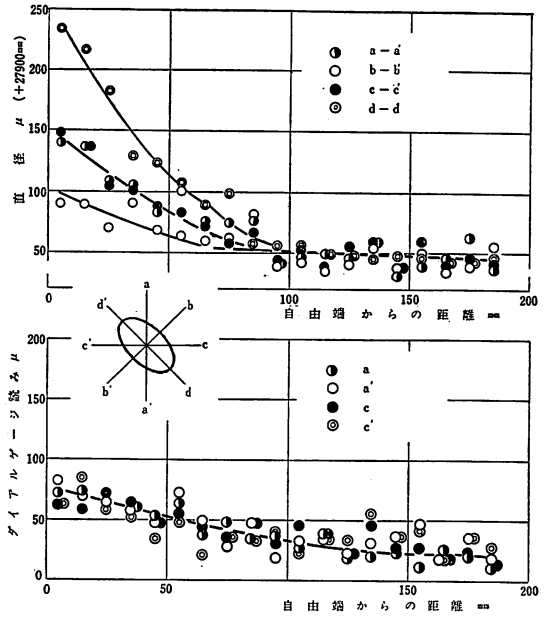
第 1 図



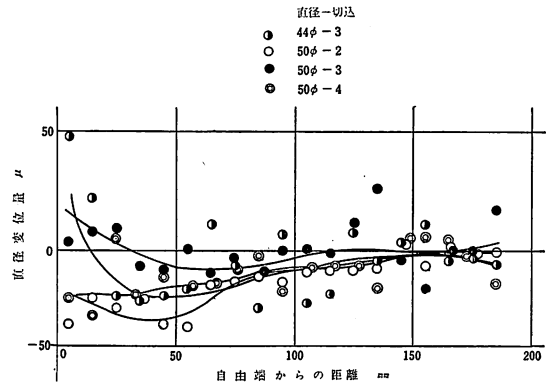
第 2 図



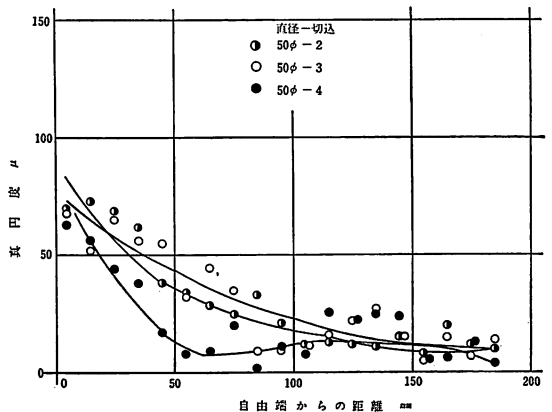
第 3 図



第 4 図 (32φ-2)



第 5 図



第 6 図

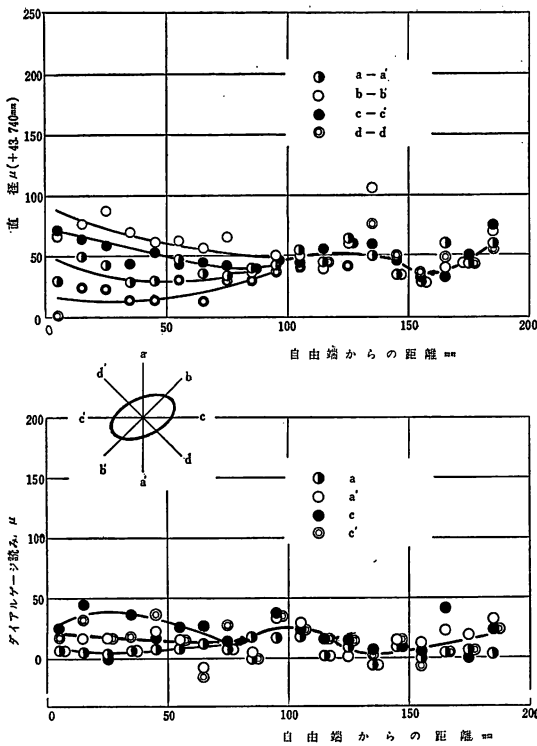
3-3 (D)について

さらに切込量を増したら、第8図に示されるように(A)及び(B)に表われたものと全く異なり、先細になっている。

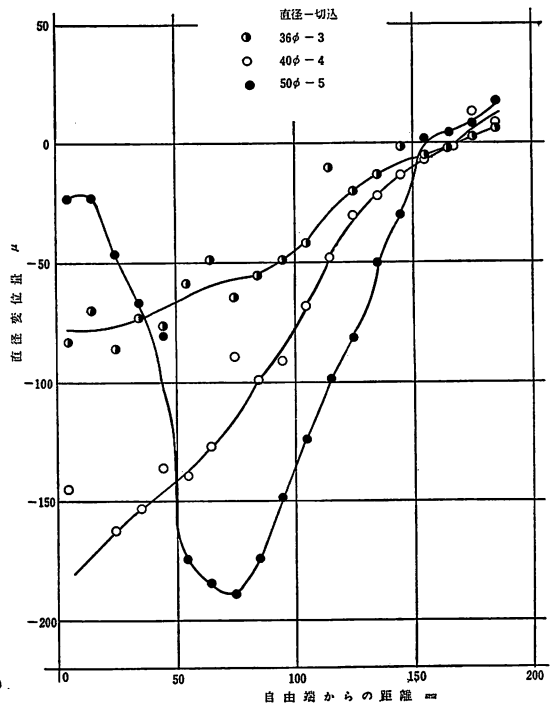
同じ被削材について真円度誤差を測定した結果、第9図に図示されるように、自由端に行くに従い真円度誤差が大きくなっている。

又前項と同じく断面形状を測定した結果、第10図に示されるように明らかに楕円を示している。

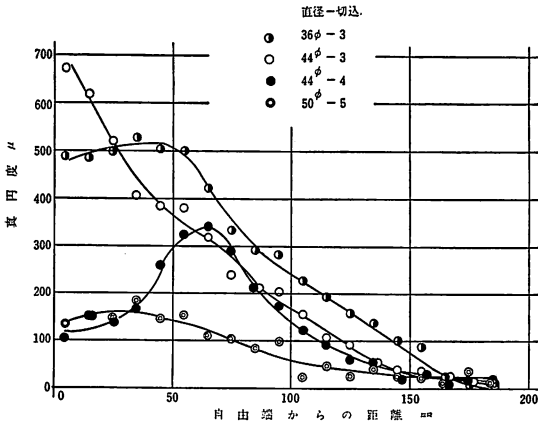
これ等の結果を考察すると、被削材に切削抵抗が作用して大きなたわみを生ずるような、過度の不安定領域での切削では、被削材がたわんで逃げ勝手になる場合と、バイトに乗り上がった状態で切削される場合との二つが存在しているものと考えられる。その変位する附近では(C)に見られる状態が現われるものと考えられる。試料が少ないので十分な結果が得られなかったが、切込量を細かく増して行くと、(A)、(B)、(C)、(E)、(D)、と順次現われるものと考えられる。



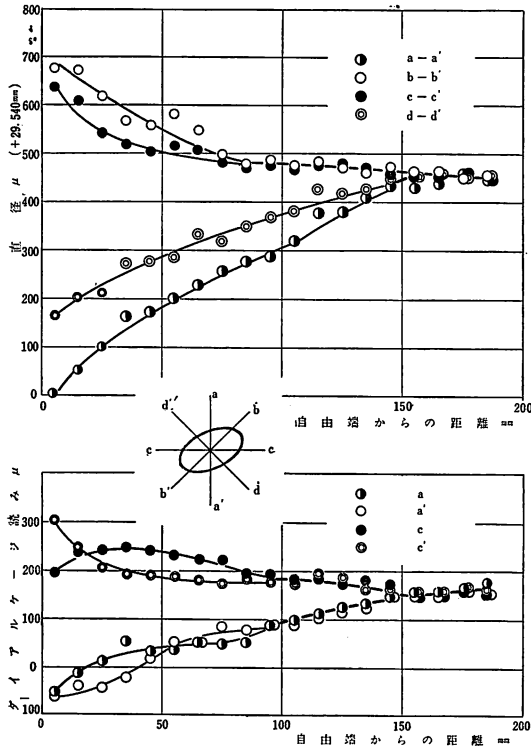
第 7 図 (50φ-3)



第 8 図



第 9 図



第 10 図 (36φ-3)

4 結 言

極端に不安定と思われる領域までの切削試験を行なった結果。

1. 切込みが浅いうちは、被削材の逃げ勝手によると思われる先太の形状となる。
2. 切込み量の増加に伴い、先細の形状に変わる。
3. 切削状態が不安定になると、被削材の断面が楕円を呈して削られる。又楕円の長軸はいずれの場合もチャックの爪の位置には表われなかった。

試料数が少なく充分の結果は得られなかったが、今後の実験の方針を得るに有意義であった。

引 用 文 献

- (1) 例えば 日本機械工業会
工作機械の構造に関する研究